

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :

2 850 398

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national :

03 00893

51 Int Cl⁷ : C 21 D 8/02, C 23 C 2/06

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 28.01.03.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 30.07.04 Bulletin 04/31.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : *USINOR Société anonyme* — FR.

72 Inventeur(s) : BANO XAVIER et CORQUILLET JAC-
QUES.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) :

54 PROCÉDE DE FABRICATION DE TOLES D'ACIER LAMINE A CHAUD ET A FROID A TRES HAUTE
RESISTANCE ET TOLE OBTENUE.

57 L'invention concerne un procédé de fabrication d'une
tôle d'acier à haute résistance, laminée à chaud puis lami-
née à froid présentant une résistance à la traction Rm supé-
rieure ou égale à 450 MPa, comprenant les étapes selon
lesquelles:

- on lamine à chaud un acier à haute résistance dont la
résistance à la traction Rm est supérieure ou égale à 450
MPa, pour obtenir une tôle à chaud, puis

- on lamine à froid ladite tôle à chaud avec un taux de
réduction compris entre 10 et 20%, puis

- on fait subir à ladite tôle ainsi laminée un traitement
thermique de restauration à une température inférieure à
Ac3,

ainsi que la tôle obtenue.

FR 2 850 398 - A1



PROCEDE DE FABRICATION DE TÔLES D'ACIER LAMINE A CHAUD ET A FROID A TRES HAUTE RESISTANCE ET TÔLE OBTENUE

5

La présente invention concerne un procédé de fabrication de tôles d'acier laminé à chaud, puis laminé à froid, à très haute résistance et la tôle ainsi obtenue.

Les aciers à très haute résistance ont été développés ces dernières
10 années, notamment afin de répondre aux besoins spécifiques de l'industrie automobile, qui sont en particulier la réduction du poids et donc de l'épaisseur des pièces, et l'amélioration de la sécurité qui passe par l'augmentation de la résistance à la fatigue et de la tenue aux chocs des pièces. Ces améliorations ne doivent en outre pas détériorer l'aptitude à la mise en forme des tôles
15 utilisées pour la fabrication des pièces. Cette aptitude à la mise en forme suppose notamment que l'acier présente un allongement important.

La tenue en fatigue des pièces définit leur durée de vie en fonction des contraintes subies, et peut être améliorée en augmentant la résistance à la traction R_m de l'acier. Mais, l'augmentation de la résistance détériore
20 l'aptitude à la mise en forme de l'acier, limitant ainsi les pièces réalisables, en particulier en ce qui concerne leur épaisseur.

On connaît une première famille d'aciers à très haute résistance, qui sont des aciers alliés au manganèse, contenant des proportions élevées de carbone et de manganèse (plus de 1,2%) et dont la structure est ferrito-
25 bainitique. Ils présentent une résistance à la traction maximum de 800 MPa, et ne peuvent être obtenus par laminage à chaud que jusqu'à une épaisseur de minimale de 2,3 mm, car l'ajout du manganèse augmente la dureté à chaud et limite la capacité de réduction au laminage.

Une deuxième famille d'aciers à très haute résistance sont les aciers
30 HLE à haute limite d'élasticité, qui sont des aciers micro-alliés présentant une limite d'élasticité comprise entre 315 et 700 MPa. On ne peut les obtenir par laminage à chaud à une épaisseur inférieure à 1,8 mm, car l'ajout d'élément

tel que le niobium augmente la dureté à chaud et limite la capacité de réduction au laminage.

Une troisième famille d'aciers à très haute résistance sont les aciers multiphasés, dont la structure est composée de ferrite et/ou bainite et/ou martensite dans des proportions variables, et qu'on ne peut pas obtenir par laminage à chaud à une épaisseur inférieure à 1,5 mm, car l'ajout d'éléments d'addition tels que le manganèse, le chrome, le molybdène augmentent la dureté à chaud et limitent la capacité de réduction au laminage, même si pour ces nuances le choix des éléments est optimisé pour atteindre les épaisseurs les plus faibles possibles.

On connaît par ailleurs des aciers laminés à froid qui permettent par des passes de laminage à froid, avec un taux de réduction supérieur à 60%, suivi d'un cycle thermique, d'obtenir des bandes d'épaisseur inférieures à celles obtenues par simple laminage à chaud. Mais, ce procédé ne permet pas d'obtenir de hauts niveaux de résistance, car il nécessite une recristallisation de la structure par traitement thermique après le laminage à froid. Les propriétés mécaniques obtenues sont ainsi diminuées de plus de 100 MPa, aussi bien pour la résistance à la traction que pour la limite d'élasticité.

Le but de la présente invention est de remédier aux inconvénients des aciers de l'art antérieur en proposant un procédé permettant d'obtenir des bandes d'acier ayant des caractéristiques mécaniques similaires à celles obtenues à l'issue d'un laminage à chaud, mais à des épaisseurs inférieures à celles actuellement accessibles avec les aciers de l'art antérieur.

A cet effet, l'invention a pour premier objet un procédé de fabrication d'une tôle d'acier à haute résistance, laminée à chaud puis laminée à froid présentant une résistance à la traction R_m supérieure ou égale à 450 MPa, comprenant les étapes selon lesquelles :

- on lamine à chaud un acier à haute résistance dont la résistance à la traction R_m est supérieure ou égale à 450 MPa, pour obtenir une tôle à chaud, puis

- on lamine à froid ladite tôle à chaud avec un taux de réduction compris entre 10 et 20%, puis
- on fait subir à ladite tôle ainsi laminée un traitement thermique de restauration à une température inférieure à Ac3.

5

Dans un mode de réalisation préféré, l'acier à haute résistance est choisi parmi les aciers multiphasés, les aciers HLE micro-alliés et les aciers alliés au manganèse à structure ferrito-bainitique.

Dans un autre mode de réalisation préféré, l'acier à haute résistance présente une résistance à la traction R_m supérieure ou égale à 600 MPa, de préférence, supérieure ou égale à 800 MPa.

10 Dans un autre mode de réalisation préféré, le traitement thermique de restauration est un recuit pratiqué à une température inférieure à Ac1.

Dans un autre mode de réalisation préféré, le traitement thermique de restauration est un recuit pratiqué à une température supérieure à Ac1 et inférieure à Ac3.

15 Dans un autre mode de réalisation préféré, on revêt la bande, à l'issue du traitement thermique de restauration, par passage dans un bain de métal liquide, tel que par exemple un bain comprenant du zinc ou un alliage de zinc.

20 L'invention a également pour deuxième objet une tôle d'acier à haute résistance, pouvant être obtenue par le procédé selon l'invention, présentant une résistance à la traction R_m supérieure ou égale à 450 MPa, et une épaisseur inférieure ou égale à 1,5 mm.

La tôle selon l'invention peut également présenter les caractéristiques suivantes, seules ou en combinaison :

- l'acier à haute résistance est choisi parmi les aciers multiphasés, les aciers HLE micro-alliés et les aciers alliés au manganèse à structure ferrito-bainitique,
- 25 - l'acier de la tôle présente une résistance à la traction R_m supérieure ou égale à 600 MPa, de préférence supérieure ou égale à 800 MPa,

- la tôle comporte un revêtement métallique,
- la tôle est galvanisée.

Le procédé selon l'invention consiste tout d'abord à laminier à chaud un
5 acier à haute résistance dont la résistance à la traction R_m est supérieure ou
égale à 450 MPa, jusqu'à obtenir une bande à chaud dont l'épaisseur est
généralement inférieure ou égale à 2,5 mm. Ce laminage a pour but d'obtenir
une structure homogène.

Le procédé consiste ensuite en un laminage à froid de la bande à chaud
10 avec un taux de réduction compris entre 10 et 20%. Ce laminage est pratiqué
à ce faible taux de réduction afin de ne pas modifier de façon trop importante
et irréversible les propriétés du métal de base. On ne veut en particulier pas
obtenir une structure recristallisée à l'issue du traitement thermique. Ce taux
de réduction peut être réalisé sur une ligne classique de relaminage avec
15 l'avantage d'être réalisé en une seule passe, avec un gain de temps de
production. Il peut également être réalisé par une passe de laminage sur une
cage en entrée d'une ligne de galvanisation, ce qui permet d'effectuer la
réduction et le traitement thermique de restauration ultérieur sur une seule
ligne. Il est à noter que les aciers laminés à froid classiques ne sont jamais
20 laminés avec un aussi faible taux, car on souhaite obtenir une structure
recristallisée après traitement thermique de recuit, et un taux de réduction
trop faible ne le permet pas.

A l'issue du laminage à froid, la bande subit un traitement thermique de
restauration à une température inférieure à Ac_3 .

25 Le traitement thermique de restauration peut comprendre une première
phase de chauffage rapide à une vitesse V_1 , puis une deuxième phase de
chauffage plus lent, à une vitesse V_2 , jusqu'à atteindre la température de
maintien visée.

Cette température de maintien dépend de la nature de l'acier traité.

30 A l'issue de ce maintien, on refroidit la bande à une vitesse de
refroidissement V_3 , jusqu'à la température ambiante. On peut également
refroidir la bande jusqu'à une température proche de celle d'un bain de métal

liquide, tel qu'un bain de zinc, et la tremper dans un tel bain, avant de la refroidir jusqu'à la température ambiante à une vitesse de refroidissement V4.

Les différents paramètres de ce cycle sont définis pour permettre la restauration de la structure, c'est à dire, pour réarranger les dislocations
5 générées lors du laminage à froid, afin d'obtenir des sous-joints de grains.

En raison du faible taux de réduction lors du laminage à froid et des paramètres du traitement thermique, on ne recristallise en aucun cas l'acier.

Ainsi, pour un acier à très haute résistance de type acier multiphasé,,
la vitesse V1 est comprise entre 10 et 40°C/s, V2 est comprise entre 5 et
10 25°C/s, la température de maintien est comprise entre 650°C et 750°C, et la
durée de maintien est comprise entre 10 et 30 secondes. La vitesse de
refroidissement V3 est comprise entre 10 et 60°C/s, et on refroidit la bande
jusqu'à atteindre environ 470°C avant de l'immerger dans un bain de
galvanisation, puis de la refroidir à une vitesse V4 comprise entre 10 et 20°C.

15

L'invention va à présent être illustrée par des exemples, donnés à titre non limitatif.

Abréviations employées

20 Rm : résistance à la traction en MPa
Re : limite d'élasticité en MPa
A : allongement, mesuré en %
ep : épaisseur

Essai 1

Une nuance d'acier multiphasé dont la composition est donnée dans le tableau 1 ci-dessous, est coulée sous forme de brames qui sont laminées à chaud jusqu'à atteindre une épaisseur de 1,6 mm. Les tôles à chaud sont ensuite laminées à froid avec un taux de réduction de 10%, puis trois échantillons A, B et C sont soumis à un traitement thermique de restauration, qui va être décrit et dont les conditions particulières sont rassemblées dans le tableau 2.

Ce traitement consiste en une première phase de chauffage à une vitesse V1 de 38°C/s jusqu'à atteindre une température de préchauffage variant entre 500 et 700°C, puis en une deuxième phase à une vitesse V2 de 10°C/s jusqu'à atteindre une température de maintien variant entre 650 et 750°C. Le chauffage à cette température est effectué pendant 20 secondes.

La tôle est ensuite refroidie à une vitesse V3 de 20°C/s, jusqu'à atteindre 470°C, puis galvanisée par passage dans un bain de zinc liquide. La tôle est finalement refroidie à une vitesse V4 de 15°C/s jusqu'à température ambiante.

Les caractéristiques mécaniques des échantillons A, B et C sont ensuite mesurées et rassemblées dans le tableau 2, ainsi que les caractéristiques mécaniques d'un échantillon D issu de la même brame, puis laminé à chaud, mais non laminé à froid, et que les caractéristiques mécaniques d'un échantillon E issu de la même brame, laminé à chaud, puis à froid avec un taux de réduction de 10%, mais n'ayant pas subi de traitement thermique de restauration.

Tableau 1

	C	Mn	Si	P	S	Al	Ti	B	Cr
	0,22%	1,14%	0,24%	0,015%	0,003%	0,045%	0,037%	0,002%	0,21%

Le reste de la composition est constitué de fer et d'impuretés inévitables résultant de l'élaboration.

Tableau 2

5

Essai	T préchauffage (°C)	T maintien (°C)	Rm (MPa)	Re (MPa)	A (%)	ep (mm)
A	600	650	821	762	12,2	1,44
B	650	700	828	775	11,3	1,44
C	700	750	800	678	11,2	1,44
D comp.	-	-	801	685	13,1	1,60
E comp.	-	-	894	859	5,8	1,44

On constate que la réduction de 10% conduit à une augmentation importante des propriétés mécaniques et en une chute de l'allongement. Le traitement thermique permet bien de restaurer la structure et d'obtenir ainsi
10 des propriétés mécaniques comparables à celle du métal de base, mais pour une épaisseur inférieure.

On remarque également que l'essai C donne des résultats particulièrement bons, probablement en raison du passage de la tôle au-dessus de la température Ac1, qui s'élève à 740°C. Ce passage dans le
15 domaine austénito-ferritique permet d'abaisser la limite d'élasticité à un niveau comparable à celui du métal de base.

Essai 2

On reprend une nuance d'acier multiphasé dont la composition est
20 identique à celle de l'essai 1, que l'on coule sous forme de brames qui sont laminées à chaud jusqu'à atteindre une épaisseur de 1,6 mm. Les tôles à chaud sont ensuite laminées à froid avec un taux de réduction de 20%, puis deux échantillons F et G sont soumis à un traitement thermique de restauration analogue à celui de l'essai et dont les conditions particulières
25 sont rassemblées dans le tableau 3.

Les caractéristiques mécaniques des échantillons F et G sont ensuite mesurées et rassemblées dans le tableau 3, ainsi que les caractéristiques mécaniques d'un échantillon H issu de la même brame, puis laminé à chaud, mais non laminé à froid, et que les caractéristiques mécaniques d'un échantillon I issu de la même brame, laminé à chaud, puis à froid avec un taux de réduction de 20%, mais n'ayant pas subi de traitement thermique de restauration.

10 Tableau 3

Essai	T préchauffage (°C)	T maintien (°C)	Rm (MPa)	Re (MPa)	A (%)	ep (mm)
F	580	700	821	774	10,1	1,28
G	625	750	798	737	10,7	1,28
H comp.	-	-	754	621	12,6	1,60
I comp.	-	-	887	857	3	1,28

On constate que la réduction de 20% suivi du traitement thermique de restauration permet d'obtenir des propriétés mécaniques plus élevées par rapport au métal de base.

Le procédé selon l'invention présente de nombreux avantages, et en particulier une amélioration de l'aspect de surface en terme de rugosité, ainsi qu'une amélioration des tolérances dimensionnelles par rapport à des tôles d'acier laminées à chaud.

REVENDECATIONS

1. Procédé de fabrication d'une tôle d'acier à haute résistance, laminée à
5 chaud puis laminée à froid présentant une résistance à la traction R_m
supérieure ou égale à 450 MPa, comprenant les étapes selon lesquelles :
 - on lamine à chaud un acier à haute résistance dont la résistance à la
traction R_m est supérieure ou égale à 450 MPa, pour obtenir une tôle
à chaud, puis
 - 10 – on lamine à froid ladite tôle à chaud avec un taux de réduction compris
entre 10 et 20%, puis
 - on fait subir à ladite tôle ainsi laminée un traitement thermique de
restauration à une température inférieure à Ac_3 .
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit acier à haute
15 résistance est choisi parmi les aciers multiphasés, les aciers HLE micro-
alliés et les aciers alliés au manganèse à structure ferrito-bainitique.
3. Procédé selon l'une ou l'autre des revendications 1 ou 2, caractérisé en
outre en ce que ledit acier à haute résistance présente une résistance à la
traction R_m supérieure ou égale à 600 MPa.
- 20 4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en outre en ce que ledit
acier à haute résistance présente une résistance à la traction R_m
supérieure ou égale à 800 MPa.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en
ce que ledit traitement thermique de restauration est un recuit pratiqué à
25 une température inférieure à Ac_1 .
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en
ce que ledit traitement thermique de restauration est un recuit pratiqué à
une température supérieure à Ac_1 .
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en
30 ce qu'on revêt ladite tôle, à l'issue dudit traitement thermique de
restauration, par passage dans un bain de métal liquide.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que ledit bain de métal liquide comprend du zinc ou un alliage de zinc.
9. Tôle d'acier à haute résistance, pouvant être obtenue par le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, présentant une
5 résistance à la traction R_m supérieure ou égale à 450 MPa, et une épaisseur inférieure ou égale à 1,5 mm.
10. Tôle selon la revendication 9, caractérisée en ce que ledit acier à haute résistance est choisi parmi les aciers multiphasés, les aciers HLE micro-alliés et les aciers alliés au manganèse à structure ferrito-bainitique.
11. Tôle selon la revendication 9 ou 10, caractérisée en ce que ledit acier présente une résistance à la traction R_m supérieure ou égale à 600 MPa.
12. Tôle selon la revendication 11, caractérisée en outre en ce que ledit acier
10 présente une résistance à la traction R_m supérieure ou égale à 800 MPa.
13. Tôle selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, caractérisée en ce qu'elle est comportée un revêtement métallique.
14. Tôle selon la revendication 13, caractérisée en ce qu'elle est galvanisée.

15



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 629461
FR 0300893

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 344 (C-528), 16 septembre 1988 (1988-09-16) -& JP 63 100134 A (KAWASAKI STEEL CORP), 2 mai 1988 (1988-05-02) * abrégé; tableaux 1-3 *	1, 9, 10	C21D8/02 C23C2/06
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 431 (C-0983), 9 septembre 1992 (1992-09-09) -& JP 04 147946 A (NIPPON STEEL CORP), 21 mai 1992 (1992-05-21) * abrégé *	1, 2, 9, 10	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 479 (C-552), 14 décembre 1988 (1988-12-14) -& JP 63 195221 A (NIPPON STEEL CORP), 12 août 1988 (1988-08-12) * abrégé; tableaux 1, 2 *	1-4, 9-12	
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 200014 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M, Page 27, AN 2000-150053 XP002256481 -& JP 11 335779 A (NIPPON STEEL CORP), 7 décembre 1997 (1997-12-07) * abrégé *	1-3, 9-11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7) C21D
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 373 (C-534), 6 octobre 1988 (1988-10-06) -& JP 63 125618 A (KAWASAKI STEEL CORP), 28 mai 1988 (1988-05-28) * abrégé *	1, 9, 10	

Date d'achèvement de la recherche		Examineur
2 octobre 2003		Lilimpakis, E

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0300893 FA 629461**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date d'02-10-2003
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 63100134	A	02-05-1988	JP 7053889 B	07-06-1995
JP 04147946	A	21-05-1992	JP 7042550 B	10-05-1995
JP 63195221	A	12-08-1988	JP 1989747 C	08-11-1995
			JP 7005982 B	25-01-1995
JP 11335779	A	07-12-1999	AUCUN	
JP 63125618	A	28-05-1988	AUCUN	

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

THIS PAGE BLANK (USPTO)